



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 47 399 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 05 K 13/08**  
G 01 R 31/00

②① Aktenzeichen: 197 47 399.7  
②② Anmeldetag: 27. 10. 97  
④③ Offenlegungstag: 6. 5. 99

DE 197 47 399 A 1

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Besslein, Bernd, Dipl.-Phys. Dr., 91058 Erlangen,  
DE; Mandel, Thomas, Dipl.-Phys. Dr., 81827  
München, DE

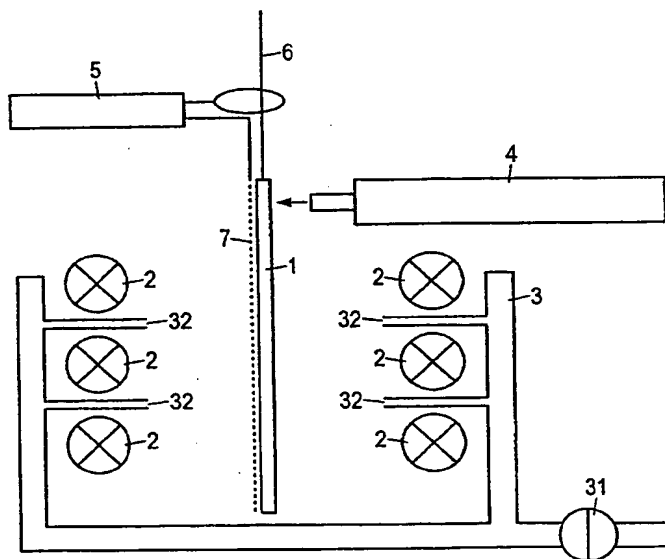
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 94 06 227 U1  
US 54 71 877 A  
JP 03-2 45 600 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Belastung bestückter Leiterplatten

⑤⑦ Durch eine Wärmeübertragung mittels elektromagnetischer Strahlung auf bestückte Leiterplatten (1) werden an ihnen hohe zyklische Temperaturbelastungen erzeugt. Durch den hohen Temperaturgradienten kann die Zeit zur Aktivierung versteckter Fehler in den bestückten Leiterplatten (1) herabgesetzt werden. Gleichzeitig kann durch kurze mechanische Stöße direkt auf die bestückten Leiterplatten (1) eine Vibration generiert werden, die breitbandig die Eigenschwingungen der bestückten Leiterplatten (1) anregt. Zusätzlich kann die Zuverlässigkeit der zu prüfenden bestückten Leiterplatten (1) durch elektromagnetische Störungen überprüft werden, die entweder leitungsgebunden oder durch elektromagnetische Felder eingekoppelt werden.



DE 197 47 399 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Belastung bestückter Leiterplatten, wodurch in den bestückten Leiterplatten versteckte Fehler aktiviert werden.

Versteckte Bauelement- und Fertigungsfehler auf Leiterplatten-Ebene, die nicht bereits im Werk aktiviert und detektiert werden, können beim Kunden zum Frühausfall der bestückten Leiterplatten führen. Diese Frühausfälle verursachen Gewährleistungsansprüche des Kunden und einen beträchtlichen Imageverlust. Für die Aktivierung von versteckten Bauelement- und Fertigungsfehlern werden heute im wesentlichen drei verschiedene Verfahren eingesetzt, die sich in ihrer jeweiligen Ausführung stark unterscheiden können. Die Aktivierungsverfahren werden sowohl auf Leiterplatten- als auch auf Bauelementebene angewandt.

## a) Heißprüfung

Bei der Heißprüfung werden die bestückten Leiterplatten in einem Ofen auf eine bestimmte Temperatur aufgeheizt und typischerweise mehrere Stunden auf dieser Temperatur gehalten. Ausführungsvarianten sind Funktionsprüfung während der Heißprüfung oder Funktionsprüfung nach durchgeführter Heißprüfung. Die Arbeitsweise der Öfen basiert in der Regel auf einer Widerstandsheizung, der Wärmeübertrag auf die zu prüfenden Leiterplatten erfolgt maßgeblich durch Konvektion.

Die Heißprüfung ist ein Verfahren, das nur ein eng begrenztes Spektrum von Bauelementfehlern aktivieren kann. Dazu gehören Elektromigration, dielektrischer Durchbruch und nicht abgeschlossene chemische Reaktionen. Jedoch ist die Heißprüfung zur Aktivierung von relevanten Fehlertypen nur wenig geeignet, da eine konstante Temperatur nicht ausreichende mechanische Spannungen in der Leiterplatte erzeugt, um Fertigungsfehler, z. B. schadhafte Lötstellen, aufzubrechen.

## b) Run-In

Beim Run-In werden die zu prüfenden bestückten Leiterplatten einer zyklischen Temperaturbelastung ausgesetzt. Die Nomenklatur ist hier nicht ganz eindeutig, manchmal wird der Begriff Run-In auch für die Prüfung bei konstanter Temperatur verwendet. Im Folgenden meint die Bezeichnung Run-In eine zyklische Temperaturbelastung.

Der Run-In, ggf. bei gleichzeitiger Funktionsprüfung, ist ein effektives Mittel zur Aktivierung von Fertigungs- und Bauelementfehlern. Zu den Fertigungsfehlern gehören z. B. schadhafte Lötstellen, Leiterplattenprobleme und eine instabile Verbindungstechnik zur Peripherie. Zu den Bauelementproblemen gehören schadhafte Gehäuse, schwache Bondverbindungen und aussetzende Bauelementfunktion bei extremen Temperaturen.

Bisher eingesetzte Systeme zur Erzeugung der Temperaturwechselbelastung realisieren den Wärmeübertrag maßgeblich durch Konvektion und sind im Extremfall bis zu einem Gradienten von 60°C/min einstellbar, im Regelfall sind jedoch nur wesentlich geringere Werte möglich.

Die Leistungsfähigkeit des Temperaturwechselverfahrens wird durch die Begrenzung des Temperaturgradienten nur unbefriedigend ausgeschöpft. Die Verfahren Heißprüfung und Run-In schöpfen die mögliche Leistungsfähigkeit der Belastung bestückter Leiterplatten durch Temperaturzyklen nur in unbefriedigendem Maße aus. Die bestückten Leiterplatten sind im für die Prüfung benötigten Zeitraum mit wesentlich größeren Temperaturgradienten als 60°C/min ohne Schädigung guter Baugruppen belastbar. Versteckte Fehler

lassen sich desto schneller aktivieren, je größer der auf sie wirkende Temperaturgradient ist.

## c) Vibration

Häufig werden auch Vibrationsgeneratoren zur Aktivierung versteckter Fertigungsfehler eingesetzt. Dabei handelt es sich in der Regel um Rütteltische mit mehreren Freiheitsgraden, auf die die zu prüfenden bestückten Leiterplatten aufgebracht werden. Der Einsatz von Rütteltischen ist zwar effektiv, jedoch sind die Anschaffungskosten sehr hoch.

Die automatisierte Fertigungsintegration der Zuverlässigkeitsprüfung ist bei Verwendung von auf Wärmekonvektion basierenden Kälte-Wärme-Tunneln und von Rütteltischen extrem kostenintensiv.

Aufgabe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, ein kostengünstiges Verfahren zur Aktivierung versteckter Fehler in bestückten Leiterplatten mit optimierter thermischer Belastung bereit zu stellen, das versteckte Fehler schnell aktivieren kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird ein optimierter thermischer Belastungszyklus dadurch erreicht, daß der Wärmeübertrag zur Erhitzung der bestückten Leiterplatten überwiegend durch elektromagnetische Strahlung geschieht. Es besteht gegenüber den anderen, überwiegend auf Wärmekonvektion beruhenden, Verfahren der Vorteil, daß Temperaturgradienten von mehreren hundert Grad Celsius pro Minute während der Aufheizphasen möglich sind.

Die Abkühlung geschieht beispielsweise durch Druckluft oder durch Ventilatoren. Dabei ist es durch den hohen Luftdurchsatz möglich, Temperaturgradienten von mehreren hundert Grad Celsius pro Minute während der Abkühlphase zu erlangen.

Durch geeignete Vortemperierung kann die jeweilige Raumtemperatur unterschritten werden. Bei Verwendung von Druckluft kann die Kühlung unter Raumtemperatur, beispielsweise durch den Einsatz von Kühlgeräten nach dem Wirbelrohrprinzip, realisiert werden.

Die Investitionskosten zum Einsatz elektromagnetischer Wärmeübertragung und der beschriebenen Kühlmöglichkeiten sind im Vergleich zu Kälte-Wärme-Tunneln wesentlich geringer.

Bedingt durch die hohen Temperaturgradienten wird die Zeit verkürzt, die zum Durchlauf eines vollständigen Zyklus benötigt wird.

Weiterhin wird durch die hohen Temperaturgradienten die Zahl der Zyklen verringert, die zur Aktivierung eines versteckten Fehlers nötig sind.

Die Durchlaufzeiten von bestückten Leiterplatten können deshalb durch die Erfindung drastisch verkürzt werden.

Zusätzliche Vibrationen können durch kurze mechanische Stöße direkt auf die bestückten Leiterplatten generiert werden. Dadurch werden breitbandig die Eigenschwingungen der bestückten Leiterplatten angeregt. Die Investitionskosten dieser Methode sind im Vergleich zu Rütteltischen wesentlich geringer.

Das System "Temperaturzyklen durch Strahlheizung und Druckluftkühlung sowie Vibration durch Stoßanregung" besitzt zudem den Vorteil einer einfachen Fertigungsintegrierbarkeit bei der Zuverlässigkeitsprüfung von bestückten Leiterplatten.

Eine Funktionsprüfung der bestückten Leiterplatten kann während oder nach einem Belastungszyklus erfolgen.

Es ist vorteilhaft wenn zusätzlich während einer Funktionsprüfung die Zuverlässigkeit der zu prüfenden bestückten Leiterplatten durch elektromagnetische Störungen überprüft

wird. Diese Störeinkopplungen können entweder leitungsgebunden oder durch elektromagnetische Felder erzeugt werden. Durch die Störeinkopplung wird das Fehlen von Bauelementen, beispielsweise von Pull-Up Widerständen erkannt, das nicht zwingend zum Funktionsausfall der bestückten Leiterplatten führt, wohl aber zu einer Reduzierung des Störspannungsabstandes und damit möglicherweise zum Ausfall unter bestimmten Umgebungsbedingungen. Auch werden beispielsweise Schwächen am Eingangsfilter der bestückten Leiterplatten erkannt, die durch unzulässige Toleranzen der eingesetzten Bauelemente auftreten können.

In den folgenden Figuren wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Ausführungsbeispielen dargelegt.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Aktivierung versteckter Fehler in bestückten Leiterplatten,

Fig. 2 zeigt eine Auftragung eines Temperaturzyklus gegen die Zeit,

Fig. 3 zeigt eine Auftragung der durch mechanische Vibration erzeugten Beschleunigungswerte gegen die Zeit.

Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Zuverlässigkeitsprüfung von bestückten Leiterplatten 1. Durch Strahlungsquellen 2 in Form von phasenanschnittsgesteuerten Halogenlampen, wird Wärme in Form elektromagnetischer Strahlung auf die bestückten Leiterplatten 1 übertragen. Die Lichtleistung der Halogenlampen 2, die bis zu mehreren Tausend Watt beträgt, wird durch Reflektoren auf die Leiterplatten 1 konzentriert. In diesem Beispiel beträgt der Abstand der Halogenlampen von der bestückten Leiterplatte 1 ca. 10 cm.

Die Abkühlung erfolgt mittels Düsen 32 eines Druckluftsystems 3, über die die Druckluft über die bestückten Leiterplatten 1 geleitet wird. Die Druckluftzufuhr wird über ein Magnetventil 31 gesteuert.

Das Aktivierung der Halogenlampen 2 und der Druckluftzufuhr geschieht dabei jeweils abwechselnd.

Gleichzeitig werden durch Magnetstößel 4, d. h. durch elektromagnetisch bewegte Stößel, kurze mechanische Impulse, deren Richtung hier durch einen Pfeil angedeutet ist, direkt auf die bestückten Leiterplatten 1 übertragen. Die von den Magnetstößeln 4 aufgebrachten Schwingungen können dabei ein breitbandiges Frequenzspektrum umfassen. Durch die Anregungen werden, ebenfalls breitbandige, Eigenschwingungen der Leiterplatten 1 angeregt. Die Beschleunigungen auf der bestückten Leiterplatte 1 erreichen in diesem Fall bis zu 85 g. Im Frequenzbereich zwischen 10 ... 3000 Hz treten ausgeprägte Eigenschwingungen auf. Die Vibrationsbelastung wird in den drei Raumrichtungen durchgeführt. Dabei kann die Stoßanregung sowohl während der Aufheiz- als auch während der Abkühlphase angewendet werden.

Zusätzlich wird durch einen Störgenerator 5 wahlweise oder zusammen über eine elektrische Zuleitung 6 oder über eine Antenne 7 leitungsgebundene Störeinkopplungen in die bestückten Leiterplatten 1 realisiert. Die Frequenz der Störsignale liegt typischerweise im Bereich von MHz. Durch die Einkopplung der elektromagnetischen Störungen bei gleichzeitiger Funktionsprüfung kann beispielsweise das Fehlen von Pull-up-Widerständen erkannt werden.

Fig. 2 zeigt den Temperaturverlauf an einer bestückten Leiterplatte 1 bei Einsatz elektromagnetischer Wärmestrahlung und Druckluftkühlung gegen die Zeit. Die Heizrate variiert dabei zwischen ca.  $-1000^{\circ}\text{C}/\text{min}$  und ca.  $400^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Dadurch wird dokumentiert, daß die durch das erfindungsgemäße Verfahren erzeugten Heizraten weit über dem durch Wärmekonvektion erreichten Heizraten liegen.

Bei den hier vorliegenden Versuchsbedingungen erreicht die laterale Variation der Oberflächentemperatur ca.  $5^{\circ}\text{C}$ . Die Temperaturdifferenz zwischen Oberflächen und Halb-

letermaterial liegt bei ca.  $3^{\circ}\text{C}$ .

Fig. 3 zeigt die Auftragung der durch kurze mechanische Stöße der Magnetstößel 4 direkt auf eine bestückte Leiterplatte 1 erzeugten Beschleunigung der Leiterplatte 1, aufgetragen gegen die Zeit.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aktivierung versteckter Fehler in bestückten Leiterplatten (1), bei dem zur Erhitzung einer oder mehrerer bestückter Leiterplatten (1) ein Wärmeübertrag überwiegend durch elektromagnetische Strahlung erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die elektromagnetische Strahlung durch Halogenlampen (2) zur Verfügung gestellt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Abkühlung der bestückten Leiterplatten (1) mittels Druckluft oder durch Ventilatoren erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zusätzlich mechanische Vibrationen auf die bestückte Leiterplatte (1) aufgegeben werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die mechanischen Vibrationen durch mechanische Stöße direkt auf die bestückte Leiterplatte (1) erzeugt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die mechanischen Stöße durch Magnetstößel (4) auf die bestückte Leiterplatte (1) aufgegeben werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zusätzlich während einer Funktionsprüfung der bestückten Leiterplatten (1) elektromagnetische Störungen entweder leitungsgebunden oder durch äußere elektromagnetische Felder in die bestückten Leiterplatten (1) eingekoppelt werden.
8. Vorrichtung zur Aktivierung versteckter Fehler bestückter Leiterplatten (1), bestehend aus
  - einer oder mehreren Strahlungsquellen (2), die zur Übertragung von Wärme auf bestückte Leiterplatten (1) überwiegend elektromagnetische Strahlung emittieren können,
  - einem oder mehreren Druckluftsystemen (3) oder Ventilatoren, deren Luftstrom so geführt ist, daß durch ihn eine Abkühlung der durch die Strahlungsquellen (1) aufgeheizten bestückten Leiterplatten (1) möglich ist, so daß eine zyklische Aufheizung und Abkühlung der bestückten Leiterplatte (1) möglich ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei dem die Strahlungsquellen (2) als Halogenlampen ausgebildet sind.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem zusätzlich eine oder mehrere Anlagen zur Vibrationsanregung der bestückten Leiterplatten (1) vorhanden sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei dem die Anlagen zur Vibrationsanregung direkte Stöße auf die bestückten Leiterplatten (1) aufgeben können.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei dem Magnetstößel (4) die mechanischen Stöße auf die bestückte Leiterplatte (1) aufgeben können.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8-12, bei dem zusätzlich ein oder mehrere Störgeneratoren (5) zur Erzeugung von Störeinkopplungen in bestückte Leiterplatten (1) vorhanden sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

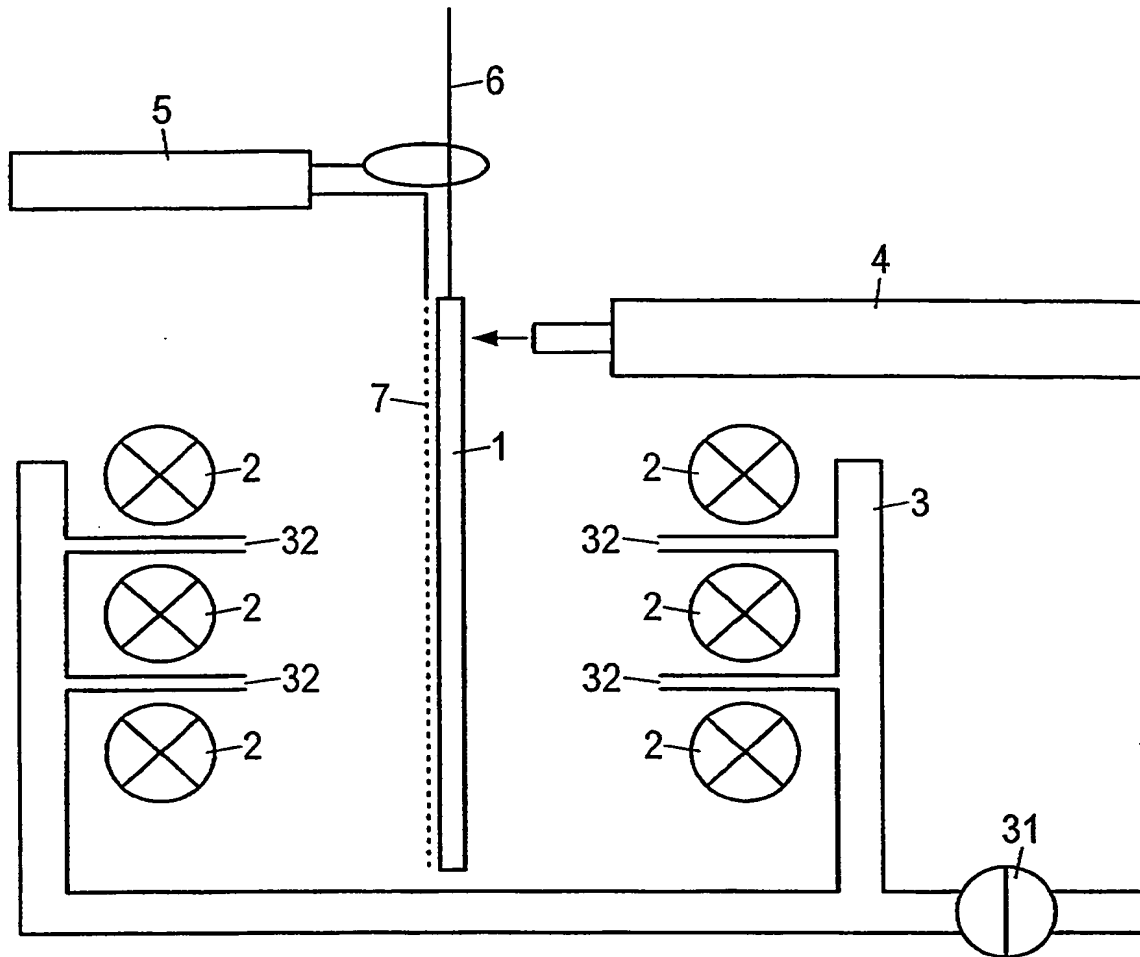


FIG 2

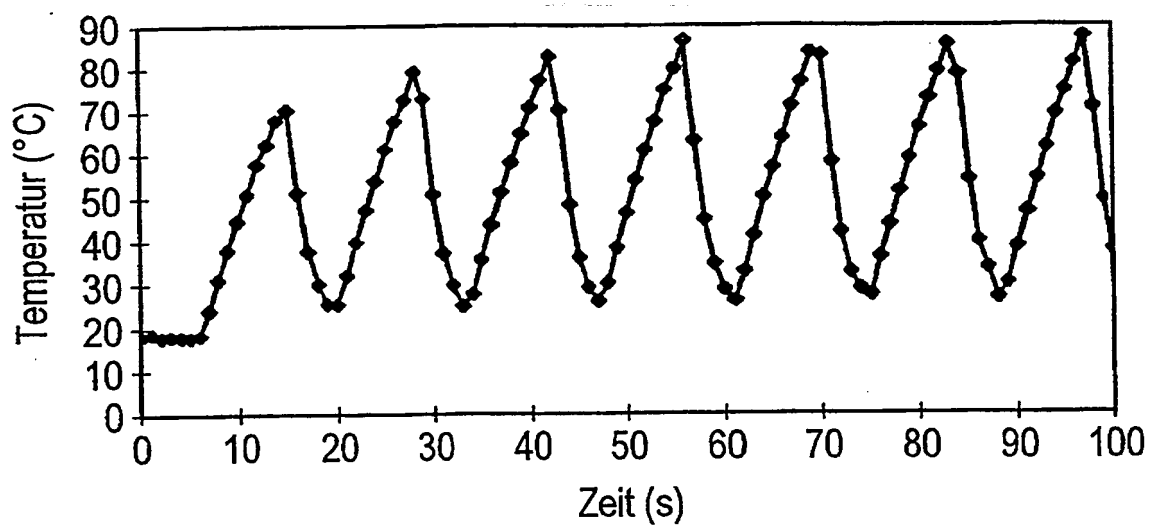


FIG 3

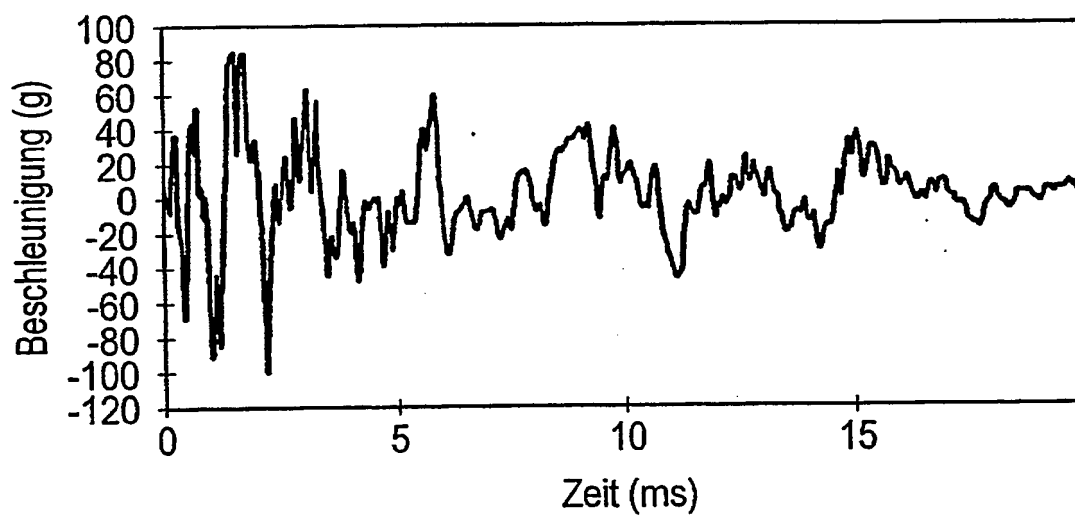


FIG 1

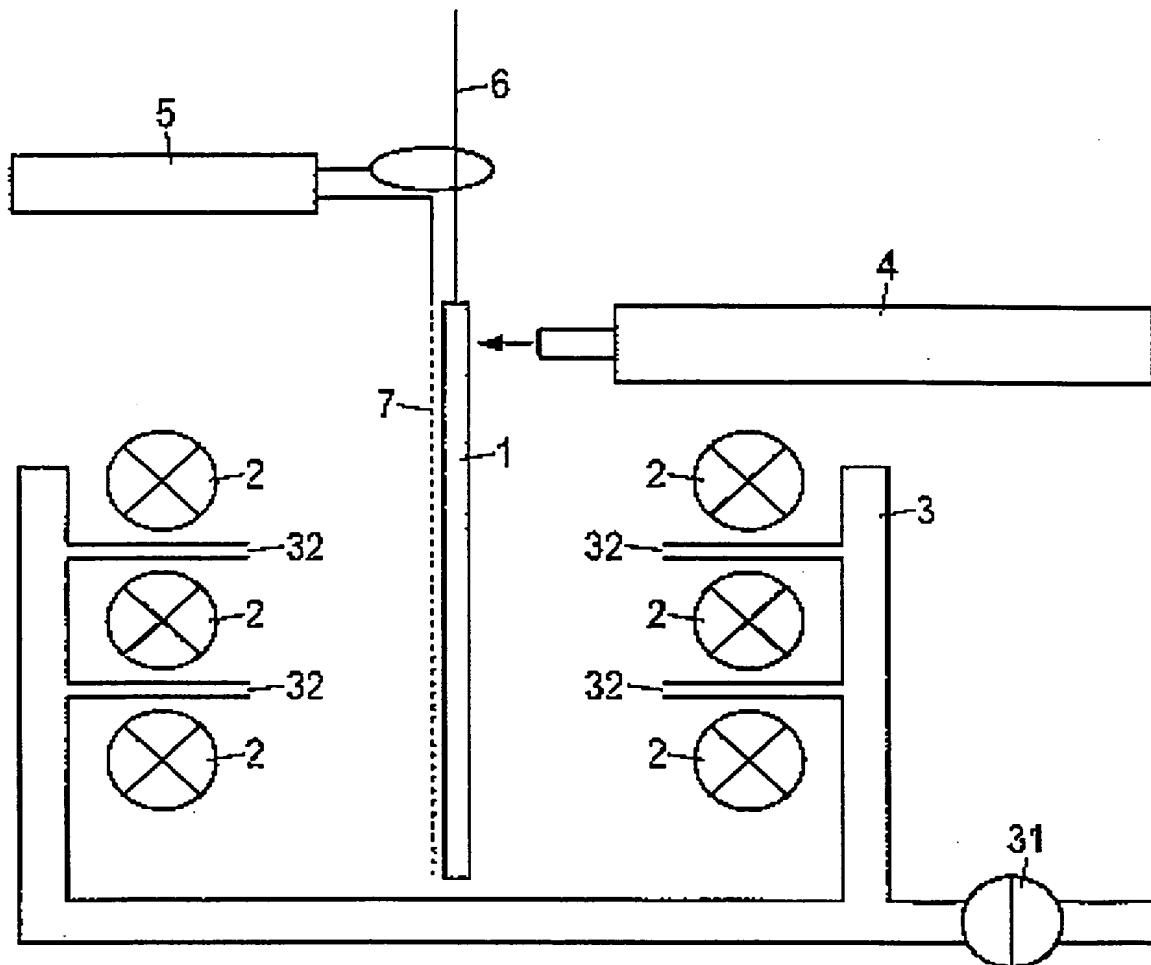


FIG 2

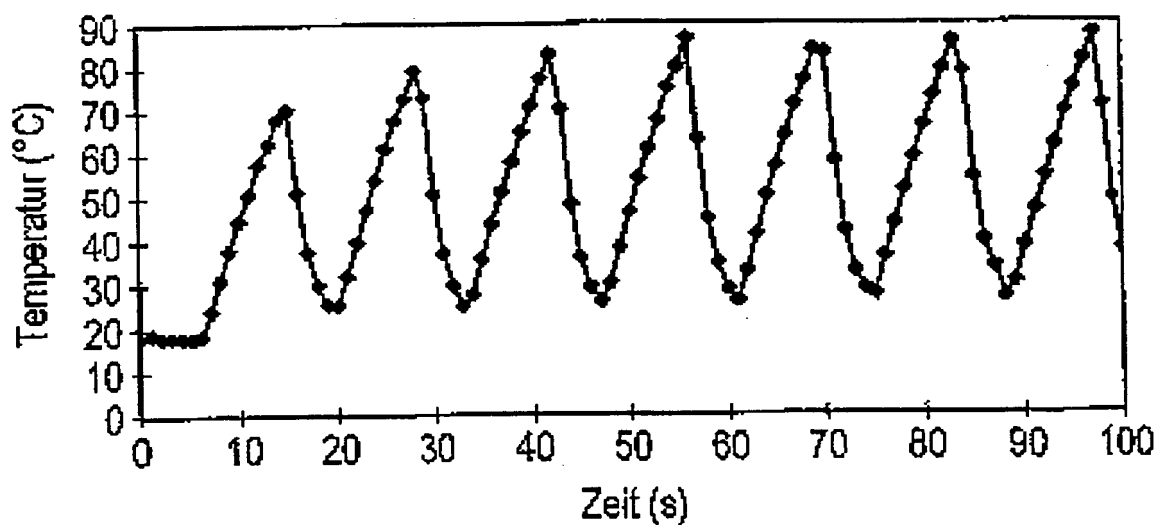


FIG 3

